

Low cost, recyclable water-soluble mould core for injection moulding hollow plastic parts

Patent number: DE19534836
Publication date: 1997-03-27
Inventor: MUELLER ROLAND DIPL ING (DE); SCHIRRMACHER HEIKO DR ING (DE); LINDEMANN MATHIAS DIPL ING (DE); RILICH MAIK DR (DE)
Applicant: RIESSELMANN F & H KUNSTSTOFF (DE)
Classification:
- **international:** B29C33/52; C04B14/06; C04B14/22; C04B14/34; C04B26/04
- **european:** B29C33/52; B29C45/44F; C04B26/04
Application number: DE19951034836 19950920
Priority number(s): DE19951034836 19950920; DE19944447548 19941019

Abstract of DE19534836

A water-soluble mould core for the injection molding of plastic parts with cavities and/or undercuts, which is placed in the mould and removed by dissolution after demoulding. The core (I) contains (A) at least 95 wt% sharp sand and/or glass particles and/or metal powder and (B) at least 1 wt% aq. binder soln. contg. 25-35 wt% polyvinyl alcohol (PVA). Also claimed is a process for the prodn. of core (I). Pref. metal powder is Al, bronze or Cu. Solid (A) has a particle size of 0.1-0.3 mm and a narrow particle size distribution, and consists of uniformly round particles. The core may be coated with at least one pore-sealing layer consisting of an anhydrous size with a thickness of 0.1-0.3 mm, pref. comprising sharp sand and/or graphite with a particle size of less than 0.07 mm and a solids content of at least 60 wt%. This may also be coated with a second layer based on PVA or polyacrylate.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 195 34 836 A 1

⑯ Int. Cl. 6:
B 29 C 33/52
C 04 B 14/06
C 04 B 14/22
C 04 B 14/34
C 04 B 26/04

⑯ Aktenzeichen: 195 34 836.2
⑯ Anmeldetag: 20. 9. 95
⑯ Offenlegungstag: 27. 3. 97

DE 195 34 836 A 1

⑯ Anmelder:

Kunststofftechnik F.u.H. Riesselmann GmbH, 01458
Ottendorf-Okrilla, DE

⑯ Vertreter:

Tragsdorf, B., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 06844
Dessau

⑯ Erfinder:

Müller, Roland, Dipl.-Ing., 01458 Ottendorf-Okrilla,
DE; Schirrmacher, Heiko, Dr.-Ing., 01309 Dresden,
DE; Lindemann, Mathias, Dipl.-Ing., 01157 Dresden,
DE; Rillich, Maik, Dr., 01589 Riesa, DE

⑯ Wasserlöslicher Formkern zum Spritzgießen von Kunststoffteilen und Verfahren zu seiner Herstellung

⑯ Die Erfindung betrifft einen wasserlöslichen Formkern
zum Spritzgießen von Kunststoffteilen mit Hinterschneidun-
gen und/oder Hohlräumen und ein Verfahren zur Herstellung
des Formkerns.

Ausgehend von den Nachteilen der bekannten Lösungen soll
ein wasserlöslicher Formkern geschaffen werden, der ko-
stengünstig herstellbar, recycelfähig und in relativ kurzer
Zeit aus dem Kunststoffteil herauslösbar ist.

Es wird ein Formkern vorgeschlagen, der aus mindestens 95
Masse-% Quarzsand und/oder Glaspartikeln und/oder Me-
tallpulver und mindestens 1 Masse-% einer wäßrigen Bind-
erlösung auf der Basis von Polyvinylalkohol mit einem
Polyvinylalkoholanteil von 25 Masse-% bis 35 Masse-%
besteht. Dieser Formkern ermöglicht eine sehr wirtschaftli-
che Verfahrensweise des Spritzgießens mit verlorenen Ker-
nen. Das Metallpulver kann aus Aluminium, Bronze oder
Kupfer bestehen. Vorteilhaft ist es, wenn Quarzsand, Glas-
und Metallpulverpartikel eine Teilchengröße von 0,1 bis 0,3
mm und eine enge Korngrößenverteilung aufweisen sowie
eine gleichmäßige runde Form. Bei der Verwendung von
Metallpulver als Feststoff tritt zusätzlich der Vorteil ein, daß
beim Umspritzen der Kerne im Spritzgießwerkzeug die
Oberfläche des Kernes schneller abkühlt und dadurch das
Bindemittel thermisch weniger stark beansprucht wird. Das
hat zur Folge, daß gespritzte Formteile mit einer nahezu
glatten inneren Oberfläche erhalten werden.

Ferner wird auch ein geeignetes Verfahren zur Herstellung
der Formkerne vorgeschlagen.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen wasserlöslichen Formkern zum Spritzgießen von Kunststoffteilen mit Hinterschneidungen und/oder Hohlräumen und ein Verfahren zur Herstellung des Formkerns.

Das Spritzgießen von Kunststoffteilen mit Hinterschneidungen und/oder Hohlräumen ist nur unter Verwendung speziell dafür geeigneter Kerne möglich. In der Praxis wird dabei in Verfahren mit mehrfach verwendbarem Kern bei entfernbarem Innenkern, in Verfahren mit entfernbarem Kern und in Verfahren mit verlorenen Kernen unterschieden. Verlorene Kerne sind Formkerne, die zusammen mit dem spritzgegossenen Formkörper aus dem Werkzeug ausgeworfen werden und anschließend aus diesem durch Zerlegen, Brechen, Zertrümmern, Ausschmelzen oder durch Herauslösen entfernt werden. Bekannt sind z. B. schmelzbare Formkerne aus niedrigschmelzenden Metall-Legierungen (DE-OS 29 22 303, EP 0 178 093) oder wasserlösliche Formkerne auf Basis keramischer Mischungen (DE-OS 38 32 370).

Die einzusetzenden Formkerne müssen einerseits den thermischen Belastungen durch die eingespritzte Kunststoffschmelze standhalten und sollen andererseits nach dem Entformen der Formkörper aus diesen einfach und schnell entferbar sein. Letzteres übt einen großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens aus. Wesentlich ist weiterhin, daß die Formkerne eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. In der DE-OS 37 36 574 ist ein wasserlöslicher Formkern beschrieben, der aus einem zumindest teilweise wasserlöslichen Kunststoff auf der Basis von Acrylsäure oder Methacrylsäure, besteht. Ein solcher Formkern muß einen E-Modul von mindestens 5000 N/mm², eine Bruchdehnung von weniger als 10% und eine thermische Kurzzeitbeständigkeit im Bereich von 70°C bis 150°C besitzen. Je höher die mechanischen Eigenschaftswerte des Formkernes sind, desto schwieriger und zeitaufwender ist es dann auch, das Kernmaterial aus dem Formkörper zu entfernen. Bedingt durch die teilweise auftretenden hohen Einspritzgeschwindigkeiten beim Spritzgießen und die gleichzeitig hohen thermischen Belastungen muß der Formkern hohe mechanische Eigenschaftswerte aufweisen, ansonsten besteht die Gefahr, daß der verwendete Formkern während des Spritzgießens bricht und Ausschuß entsteht.

Auch bereits geringfügige Deformationen des Formkerns ergeben nicht qualitätsgerechte Formteile. Auch das Handling der Formkerne vor und nach dem Spritzgießprozeß spielt für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens eine wesentliche Rolle. Von Nachteil ist dabei das hohe Gewicht der Formkerne, z. B. wiegt ein Metallschmelzkern einer Saugrohranlage für Kraftfahrzeuge ca. 50 kg.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, einen wasserlöslichen Formkern zu schaffen, der kostengünstig herstellbar, recycelfähig und in relativ kurzer Zeit aus dem Kunststoffteil herauslösbar ist. Ferner war es Aufgabe der Erfindung, ein geeignetes Verfahren zur Herstellung des Formkerns zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Formkern aus mindestens 95 Ma.-% Quarzsand und/oder Glaspartikeln und/oder Metallpulver und mindestens 1 Ma.-% einer wässrigen Binderlösung auf der Basis von Polyvinylalkohol mit einem Polyvinylalkoholanteil von 25 Ma.-% bis 35 Ma.-% besteht. Dieser Formkern ermöglicht eine sehr wirtschaftliche Verfah-

rensweise des Spritzgießens mit verlorenen Kernen. Das Metallpulver kann aus Aluminium, Bronze oder Kupfer bestehen. Vorteilhaft ist es, wenn Quarzsand, Glas- und Metallpulverpartikel eine Teilchengröße von 0,1 bis 0,3 mm und eine enge Korngrößenverteilung aufweisen sowie eine gleichmäßige runde Form. Bei der Verwendung von Metallpulver als Feststoff tritt zusätzlich der Vorteil ein, daß beim Umspritzen der Kerne im Spritzgießwerkzeug die Oberfläche des Kernes schneller abkühlt und dadurch das Bindemittel thermisch weniger stark beansprucht wird. Das hat zur Folge, daß gespritzte Formteile mit einer nahezu glatten inneren Oberfläche erhalten werden. In allen Fällen, wo eine besonders gute Innenoberflächenqualität des Spritzgießformteiles gewünscht wird, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn ein Formkern eingesetzt wird, der mindestens mit einer porenschließenden Schicht überzogen ist, die aus einer 0,1 mm bis 0,3 mm dicken wasserfreien Deckschicht besteht, die aus Quarzsand und/oder Graphit mit einer Korngröße von kleiner als 0,07 mm gebildet ist, und einen Feststoffanteil von mindestens 60 Ma.-% aufweist. Zusätzlich sollte der Formkern noch mit einer zweiten Schicht auf der Basis von Polyvinylalkohol oder Polyacrylat überzogen sein. Die als untere Schicht aufgebrachte 0,1 bis 0,3 mm dicke Deckschicht schließt die Poren zwischen den Formstoffpartikeln und verbessert damit die Oberflächengüte des Formkerns. Außerdem schützt sie den Kernbinder vor starker thermischer Beanspruchung während des Spritzgießens und verhindert die Penetration der Kunstharzlösung beim Auftragen einer zweiten Schicht auf den Formkern. Das Lösungs- und Verdünnungsmittel der Deckschicht muß wasserfrei sein, um ein Lösen des wasserlöslichen Kernbinders auszuschließen. Als Lösungs- und Verdünnungsmittel ist z. B. Isopropanol geeignet. Die nach dem Trocknen der Deckschicht aufgetragene zweite Schicht, bestehend aus einem wasserlöslichen Kunstharz, gibt dem Formkern mit der Deckschicht eine hohe Abriebfestigkeit und gewährleistet die Wasserlöslichkeit des gesamten Kerns beim Herauslösen des Formkerns aus dem Kunststoffteil nach dem Spritzgießen.

Zur Herstellung der Formkerne sind folgende Verfahrensschritte vorgesehen:

- 45 a) Herstellung einer lagerfähigen Binderlösung auf der Basis von Polyvinylalkohol mit einem Polyvinylalkoholanteil von 25 Ma.-% in einem beheizbaren Rührwerk durch Vorlegen von Wasser und Zugabe von Polyvinylalkohol unter Rühren bei gleichzeitiger Erwärmung bis auf eine Temperatur von 80°C bis zur vollständigen Lösung des Polyvinylalkohols,
- 50 b) Mischen der Feststoffe Quarzsand und/oder Glaspartikel und/oder Metallpulver mit der nach a) hergestellten Binderlösung in einem Mischer in einem Mengenverhältnis Feststoff/Binderlösung von 95 : 5 bis 99 : 1, wobei der Feststoff vorgelegt wird, und
- 55 c) Zuführung des rieselfähigen Formstoffes in eine Kernschießmaschine und Bildung der gewünschten Formkerne bei einem Druck von 3,5 bar bis 6,5 bar und einer Kernkastentemperatur von 150°C bis 180°C.

Die ausgehärteten Formkerne können nachträglich noch mit einer porenschließenden wasserfreien Schicht aus Quarzsand und/oder Graphit mit einer

Korngröße von kleiner als 0,07 mm und einem Feststoffanteil von mindestens 60 Ma.-% beschichtet werden, z. B. durch Tauchen in eine Magnesiumsilikatschichte auf Isopropanolbasis. Abschließend können die Formkerne noch mit einer Kunstharzsicht, z. B. aus Polyvinylalkohol überzogen werden, z. B. mit einer wäßrig-alkoholischen Polyvinylalkohollösung mit einem Polyvinylalkoholanteil von 18 Ma.-%. Nach dem Auftragen der jeweiligen Beschichtung werden die Formkerne getrocknet.

Die Biegefestigkeit der so hergestellten Formkerne, beschichtet oder unbeschichtet, beträgt bis zu 10 MPa.

In Abhängigkeit von der Maschineneinstellung und der Lage des Anschnitts für die herzustellenden Kunststoffteile reichen die mechanischen Festigkeitswerte der erfundungsgemäßen Formkerne aus, um einen Kernbruch während des Spritzgießens zu verhindern.

Ein weiterer Vorteil dieser Formkerne besteht vor allem darin, daß sie nach dem Entformen des Kunststoffteiles innerhalb weniger Minuten in Wasser vollständig zerfallen. Die Auflösezeit beträgt für unbeschichtete Kerne ca. 3 bis 5 min und für beschichtete Kerne ca. 7 bis 10 min, bei einer Wassertemperatur von 20°C. Bei höheren Wassertemperaturen können auch kürzere Auflösezeiten erreicht werden. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen ist es jedoch sinnvoll, das im Brauchwasserkreislauf eines Spritzgießbetriebes zur Verfügung stehende Wasser einzusetzen, das in etwa eine Temperatur von 20°C hat. Der jeweils verwendete Feststoff und die wäßrige Polyvinylalkohollösung können auf einfache Weise abgetrennt werden. Die Entsorgung der ca. 0,1 bis 0,3 Ma.-%igen Polyvinylalkohollösung bereitet in der Praxis keine Probleme. Der anfallende Feststoff wird gereinigt und im Kreislauf wieder zur Herstellung neuer Formkerne eingesetzt. Die Materialzusammensetzung für die Formkerne verursacht infolge der möglichen Wiederverwendung des Feststoffes nur sehr geringe Kosten. Somit kann das Spritzgießverfahren mit verlorenen Kernen zu wesentlich wirtschaftlicheren Bedingungen durchgeführt werden.

Die Erfindung soll nachstehend an einigen Beispielen näher erläutert werden.

Beispiel 1

Die Herstellung des wasserlöslichen Formkernes erfolgt nach folgenden Verfahrensschritten.

a) Herstellung der Binderlösung

350 g Polyvinylalkohol (Mowiol 4-88, Fa. Hoechst) werden in 650 g Wasser unter Rühren auf eine Temperatur von 80°C erhitzt. Nach vollständiger Lösung wird zur Vermeidung von Hautbildung unter ständigem Rühren abgekühlt. Die so hergestellte 35 Ma.-%ige Polyvinylalkohollösung ist lagerfähig und muß vor Wiederverwendung gerührt werden.

b) Mischen des Feststoffes mit der Binderlösung (Herstellung des Formstoffes)

1900 g Hohenbockaer Quarzsand (Korngröße ca. 0,2 mm) werden in einem Flügelmischer vorgelegt und zusammen mit 100 g einer nach a) hergestellten Binderlösung ca. 3 min gerührt. Der so hergestellte Formstoff mit einem Binderanteil von 1,75 Ma.-% kann mehrere Stunden in geschlossenen Behältern aufbewahrt und daher chargenweise verarbeitet werden.

c) Herstellung des Formkerns (Kernschießen)

Auf einer gießereitypischen Kernschießmaschine mit einem beheizbaren Formwerkzeug werden die Formkerne bei einem Druck von 4,0 bar und einer Kernkastentemperatur von 170°C hergestellt. Nach einer Verweilzeit von 90 s wird der Formkern aus dem Formwerkzeug per Hand entnommen. Nach einer 24- bis 48stündigen Lagerung wird der ausgehärtete Formkern direkt beim Spritzgießen eingesetzt oder zunächst beschichtet.

Die Beschichtung wird wie folgt durchgeführt, wobei zwei unterschiedliche Schichten aufgetragen werden:

Ein gemäß den Verfahrensschritten a) bis c) hergestellter Formkern wird durch Tauchen mit einer Magnesiumsilikat-Graphit-Schichte auf Isopropanolbasis beschichtet (Konsil TG-AK 140, Fa. KBO). Nach dem Trocknen dieser, ca. 0,2 mm dicken Deckschichte, wird der Formkern mit einer wäßrig-isopropanolischen Polyvinylalkohollösung mit einem Polyvinylalkoholanteil von 18,0 Ma.-% beschichtet und anschließend getrocknet. Die Biegefestigkeit des so beschichteten Formkerns beträgt 6,7 MPa.

Im folgenden wird der Einsatz der Formkerne beim Spritzgießen eines gekrümmten Ansaugrohres aus Polyamid 6,6 mit 30 Ma.-% Glasfasern für Verbrennungsmotoren erläutert, wobei die Ansaugrohre jeweils mit einem unbeschichteten Kern und mit einem beschichteten Kern hergestellt werden, auf einer Spritzgießmaschine vom Typ Krauss-Maffei 900-250 (Schließkraft 2500 kN) in einem Einfachwerkzeug.

Zum Einlegen des Formkerns in das Spritzgießwerkzeug wird eine Klemmeinrichtung verwendet, die durch ihre elastische Verformbarkeit toleranzkompensierend wirkt und der Kernaufnahme dient. Die Lage des Kerns im Spritzgießwerkzeug wird desweiteren über eine Kernabstützung fixiert. Der Zeitpunkt des Zurückziehens der Kernabstützung wird über die Maschineneinstellung festgelegt.

Nach Beendigung des Spritzgießzyklusses nach einer Zykluszeit von 25 s wird das Ansaugrohr mit dem Formkern mittels eines Manipulators aus dem Werkzeug entnommen und über ein Förderband in ein 20°C warmes Wasserbad transportiert.

Die Auflösezeit für die unbeschichteten Formkerne beträgt ca. 3 bis 5 min und für die beschichteten Formkerne ca. 7 bis 10 min. Nach der Auflösezeit der Formkerne wird das Ansaugrohr aus dem Wasserbad entnommen. Die Qualität der Ansaugrohre entsprach den geforderten Normen, wobei sich die Ansaugrohre, die mit den beschichteten Formkernen hergestellt wurden, durch eine besonders gute Innenoberflächengüte auszeichnen.

Beispiel 2

Die Herstellung des wasserlöslichen Formkerns erfolgte analog den Verfahrensschritten gemäß Beispiel 1, wobei jedoch das Mengenverhältnis von Feststoff/Binderlösung geändert wurde.

a) Herstellung der Binderlösung

Die Herstellung der Binderlösung erfolgte analog wie im Beispiel 1.

b) Mischen des Feststoffes mit der Binderlösung
(Herstellung des Formstoffes)

1940 g Hohenbockaer Quarzsand (Korngröße ca. 0,2 mm) werden in einem Flügelmischer vorgelegt und zusammen mit 60 g einer nach a) hergestellten Binderlösung ca. 3 min gerührt. Der so hergestellte Formstoff mit einem Binderanteil von 1,05 Ma.-% kann mehrere Stunden in geschlossenen Behältern aufbewahrt und daher chargenweise verarbeitet werden.

c) Herstellung des Formkerns (Kernschießen)

Die Herstellung des Formkerns erfolgte unter den gleichen Bedingungen wie im Beispiel 1. Der so hergestellte Formkern wurde jedoch nicht beschichtet. Infolge des relativ geringen Binderanteiles im Formkern betrug die Biegefestigkeit des unbeschichteten Formkerne 4,8 MPa.

Beispiel 3

Die Herstellung des wasserlöslichen Formkerns erfolgte analog den Verfahrensschritten gemäß Beispiel 1, wobei jedoch ein anderer Feststoff verwendet wurde.

a) Herstellung der Binderlösung

Die Herstellung der Binderlösung erfolgte analog wie im Beispiel 1.

b) Mischen des Feststoffes mit der Binderlösung
(Herstellung des Formstoffes)

1900 g Mikroglaskugeln (Spheriglas 1922, Fa. Ballottini) mit einer definierten Korngröße von 0,15 bis 0,25 mm werden in einem Flügelmischer vorgelegt und zusammen mit 100 g einer nach a) hergestellten Binderlösung ca. 3 min gerührt. Der so hergestellte Formstoff mit einem Binderanteil von 1,75 Ma.-% kann mehrere Stunden in geschlossenen Behältern aufbewahrt und daher chargenweise hergestellt werden.

c) Herstellung des Formkerns (Kernschießen)

Die Herstellung und die Beschichtung des Formkerns erfolgte unter den gleichen Bedingungen wie im Beispiel 1. Die Biegefestigkeit des beschichteten Formkerns beträgt 7,8 MPa. Die im Vergleich zum Beispiel 1 höhere Biegefestigkeit ist auf eine gleichmäßige und engere Korngrößenverteilung des aus Mikroglaskugeln bestehenden Feststoffes zurückzuführen.

Der Einsatz der Formkerne beim Spritzgießen erfolgte unter den gleichen Bedingungen wie im Beispiel 1. Die Auflösezeit für den Formkern gemäß Beispiel 2 betrug 1 bis 3 min und für den Formkern gemäß Beispiel 3 7 bis 10 min.

Patentansprüche

1. Wasserlöslicher Formkern zum Spritzgießen von Kunststoffteilen mit Hohlräumen und/oder Hinterschneidungen, wobei der Kern in das Spritzgießwerkzeug eingelegt, anschließend die Schmelze eingespritzt und nach dem Entformen des Kunststoffteils der Formkern durch Lösen entfernt wird, dadurch gekennzeichnet, daß dieser aus mindestens 95 Ma.-% Quarzsand und/oder Glaspartikeln

und/oder Metallpulver und mindestens 1 Ma.-% einer wässrigen Binderlösung auf der Basis von Polyvinylalkohol mit einem Polyvinylalkoholanteil von 25 Ma.-% bis 35 Ma.-% besteht.

2. Formkern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallpulver aus Aluminium, Bronze oder Kupfer besteht.

3. Formkern nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Quarzsand, die Glaspartikel und die Metallpulverbestandteile eine Teilchengröße von 0,1 bis 0,3 mm und eine enge Korngrößenverteilung aufweisen.

4. Formkern nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Quarzsand-, Glas- und Metallpulverpartikel eine gleichmäßige runde Form aufweisen.

5. Formkern nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß dieser mit mindestens einer porenschließenden Schicht überzogen ist, die aus einer 0,1 mm bis 0,3 mm dicken wasserfreien Deckschichte besteht.

6. Formkern nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschichte aus Quarzsand und/oder Graphit mit einer Korngröße von kleiner als 0,07 mm besteht, und einen Feststoffanteil von mindestens 60 Ma.-% aufweist.

7. Formkern nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß dieser mit einer zweiten Schicht, auf der Basis von Polyvinylalkohol oder Polyacrylat überzogen ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines Formkerns nach einem der Ansprüche 1 bis 7, durch folgende Verfahrensschritte:

a) Herstellung einer lagerfähigen Binderlösung auf der Basis von Polyvinylalkohol mit einem Polyvinylalkoholanteil von 25 Ma.-% bis 35 Ma.-% in einem beheizbaren Rührwerk durch Vorlegen von Wasser und Zugabe von Polyvinylalkohol unter Rühren bei gleichzeitiger Erwärmung bis auf eine Temperatur von 80°C bis zur vollständigen Lösung des Polyvinylalkohols,

b) Mischen der Feststoffe Quarzsand und/oder Glaspartikel und/oder Metallpulver mit der nach a) hergestellten Binderlösung in einem Mischer in einem Mengenverhältnis Feststoff/Binderlösung von 95 : 5 bis 99 : 1, wobei der Feststoff vorgelegt wird, und

c) Zuführung des rieselfähigen Formstoffes in eine Kernschießmaschine und Bildung der gewünschten Formkerne bei einem Druck von 3,5 bar bis 6,5 bar und einer Kernkastentemperatur von 150°C bis 180°C.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Formkerne mit einer porenschließenden wasserfreien Schichte aus Quarzsand und/oder Graphit mit einer Korngröße von kleiner als 0,07 mm und einem Feststoffanteil von mindestens 60 Ma.-% beschichtet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Formkerne mit einer wasserlöslichen Kunstrarzsicht überzogen werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunstrarzsicht aus Polyvinylalkohol oder Polyacrylat besteht.